构建基础研究资助导航系统平台，推动技术创新支撑现代产业体系发展

施 一[1*] 李姜元鸿[2] 王更生[2] 白苏冉[1] 边桂彬[3] 李博强[4]

1 中国科学院微生物研究所 北京 100101
2 北京易创新科信息技术有限公司 北京 100081
3 中国科学院自动化研究所 北京 100190
4 中国科学院植物研究所 北京 100093

摘要 面对当今复杂多变的国际局势，围绕国家安全和战略发展需求，建设高质量的产业体系，是我国在新的历史时期持续高质量发展的重要保障。文章论述了基础研究作为技术创新的源泉，对产业发展的支撑作用，并提出通过构建基础研究资助导航系统平台，找到基础研究中的薄弱环节，合理布局基础研究方向，实现资源的合理配置，推动建设全链条、高质量的现代产业体系。

关键词 基础研究，技术创新，产业体系，知识图谱，资助导航系统

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20210407007

当前国内外环境发生深刻变革，我国面临着前所未有的机遇与挑战。一方面，科技高速发展带来的新理论和新技术层出不穷，推动了产业不断发展与变革。另一方面，国际形势复杂多变，世界经济发展前景不明，霸权主义、单边主义等时刻威胁着我国的国家安全与经济发展。近年来，美国限制芯片、计算光刻技术等新兴高科技产品和技术的出口，对我国相关高科技产业的发展造成巨大冲击，也暴露了我国一些重要的产业链存在关键环节缺失的短板。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中提出“要构建实体经济、科技创新、现代金融、人力资源协同发展的现代产业体系”。把握时代发展大方向，围绕国家安全和战略发展需求，建设高质量的产业体系，是我国在新的历史时期持续高质量发展的重要保障。合理布局基础研究并促进技术创新，是构建现代产业体系的重要支撑。本文将着重对我国现阶段产业发展存在的问题及对策进行论述。

*通信作者
资助项目：中国科学院青年创新促进会优秀会员项目（Y201921）
修改稿收到日期：2021年5月10日

1 技术创新不足是我国产业发展的掣肘，加强基础研究势在必行

1.1 我国产业发展存在技术创新不足的问题

近年来，“逆全球化”浪潮逐渐兴起，加上新冠肺炎疫情暴发导致的全球物流阻滞，依赖全球化的产业链面临着巨大的断链风险，产业链呈现出本地化和区域化的发展态势[1]。虽然我国制造业具有全球最完整的产业链条，但是很多产业链中的核心环节仍然依赖国外的技术，产业链可控性低，我国产业发展总体仍然处于全球价值链中低端水平。加强技术创新，对我国摆脱技术桎梏，建立现代化产业体系具有重要意义。

党的十九届五中全会提出“把科技自立自强作为国家发展的战略支撑”“加快发展现代产业体系，推动经济体系优化升级”。面对复杂多变的国际局势，为了保证“十四五”时期全面建设社会主义现代化国家，我国迫切需要依靠技术创新、科技自立自强来保障我国产业链的安全与发展。

近年来，经济全球化遭遇逆流，新冠肺炎疫情加剧了逆全球化趋势。以美国为首的一些西方国家对我国产业和技术进行全方位打压，全球产业链、供应链发生局部断裂。2016 年和 2018 年美国商务部制裁我国中兴通讯股份有限公司并处以高额罚金。在生命科学领域，虽然我国科学家已经在诸多研究方向取得世界一流成果，但是实验研究必不可少的设备和试剂如冷冻透射电子显微镜、高分辨率光学显微镜、质谱仪和流式细胞仪，以及同位素、高保真 DNA 聚合酶等生物酶试剂，大都仍然依赖进口。2018 年，北京核磁共振中心向国外仪器厂商申请维修一台仪器时，却被对方要求先行支付 23 万元的人工费。这些事件使我们清晰地认识到，我国的科技创新仍然不足以全面支撑迫在眉睫的产业转型与升级，很多关键核心技术、元件还没有完全掌握，就像高悬于头顶的“达摩克利斯之剑”，随时威胁着我国的产业安全。因此，只有加快实现科技自立自强，推动科技创新整体能力和水平实现质的跃升，才能在新一轮科技革命和产业变革中抢占制高点，有效解决事关国家全局的现实迫切需求和长远战略需求，从而引领和带动经济社会更多依靠创新驱动发展[2]。做好基础研究，提升基础创新能力，是实现科技自立自强的重要保障。

1.2 基础研究对我国产业发展的重要作用及当前存在的问题

基础研究是技术创新的源泉，是产业基础高级化、产业链现代化的重要基石，从根本上决定着我国产业发展的水平和国际竞争力。产业形成与发展有其规律，一般需要经历“基础研究—技术创新—产品研发—产品量产—市场检验”这样一个完整的过程，才能最终形成一个产业。基础研究的突破是新技术的“摇篮”，一方面能对关键产业链环节形成基础性支撑，推动技术升级与产品换代，逐步实现对国际竞争者的超越；另一方面能以新技术和新产品开辟新领域，在与市场互动中形成新兴产业，逐步实现国家在相应产业体系的引领[3]。

现阶段，我国基础研究主要存在经费投入不足、科技成果转移转化效率不高、对产业发展支撑不足等问题。*① 基础研究经费投入不足。*主要指基础研究经费金额不高且占研究与试验发展（R&D）经费比重较低的现象。据《2019 年全国科技经费投入统计公报》显示，2019 年我国 R&D 经费总量为 22 143.6 亿元，投入强度（与国内生产总值之比）为 2.23%，低于美国（2.83%）及日本（3.26%）。其中，基础研究经费为 1 335.6 亿元，占 R&D 经费比重为 6.03%，而这一比重在发达国家普遍高于 15%①。*② 科技成果向产业应用转移转化的效率不高。*据《中国科技成果

① 陈炜伟 . 2019 年我国 R&D 经费投入超 2 万亿元 . (2020-08-27). http://www.gov.cn/xinwen/2020-08/27/content_5537991.htm.

转化2020年度报告（高等院校与科研院所篇）》[4]显示，我国科技成果转化活动持续活跃，2019年，3 450家高校院所以转让、许可、作价投资方式转化科技成果的合同项数呈增长趋势；但是，成果转化率与美国等发达国家相比，还是偏低，同时存在地区不平衡的问题。③ *基础研究对产业发展支撑不足*。这与我国目前缺乏有效的管理机制有很大关系。我国尚未建成以需求为导向的基础研究到产业转化的全链条式管理机制，基础研究向产业转化不畅，周期较长；科技成果转化政策需进一步衔接和落实，科技成果转化专业机构尚待建设和系统性布局，相关人才仍需加强培养。

1.3 利用基础研究推动技术创新的案例与启示

利用基础研究推动技术创新，从而支撑产业链形成和健康发展不乏经典案例。例如，生产新冠病毒疫苗的美国莫德纳（Moderna）公司，其创立与发展便是基于业界领先的mRNA技术。

该案例带来2个启示：① *基础研究发现是莫德纳公司成功的基石*。20世纪90年代初，美国科学家Wolff发现将mRNA注射入小鼠骨骼肌中能产生相应的蛋白，使得利用mRNA构建药物平台成为了可能，进而打开技术创新的大门，之后持续的基础研究积累则逐渐扫平了mRNA技术的短板。莫德纳公司成立后，专注于mRNA技术的研究与转化，使该技术实现产品化及量产，并逐步分化成为新兴的产业链。从初创期到现在，莫德纳公司一直没有放松基础研究，不断的创新和积累使其保持了mRNA技术的完整性，避免了在专利与知识产权上的掣肘。并通过持续的技术创新支撑产品研发，最终使莫德纳公司在新冠病毒mRNA疫苗研发中一马当先，率先实现新冠病毒mRNA疫苗的成功上市。② *资金投入在莫德纳公司从创立到成功的过程中起到重要作用*。2010年，美国哈佛大学医学院和麻省理工学院的3位科学家和生物医疗风投机构Flagship Pioneering共同创办了莫德纳公司。成立初期，Flagship Pioneering为莫德纳的研发提供了资金支持。后期的多轮融资为mRNA疗法在肿瘤、疫苗、被动免疫疗法、罕见病等诸多领域的应用研究提供了充足的研发资金，加速了该技术的商业化应用[②]。

2 以产业知识图谱为支撑，构建基础研究资助导航系统平台

为通过加强基础研究，促进技术创新，解决产业链中的“卡脖子”环节，计划以《新形势下加强基础研究若干重点举措》对我国基础研究发展作出的统筹部署安排为依据，利用数字化技术，面向国家产业的发展方向与需求，绘制涵盖产业链各环节相关信息的产业知识图谱，精准把控产业链中的各个环节；并以产业知识图谱为支撑，构建基础研究资助导航系统平台（以下简称“资助导航平台”，图1），从而为政府决策、科研院所与企业之间寻求技术和资金支持提供指导与帮助。资助导航平台由政府主导，以期厘清我国产业链中各环节研究现状，找出薄弱环节，优化科学布局，明确资助导向，从而推动基础研究、技术

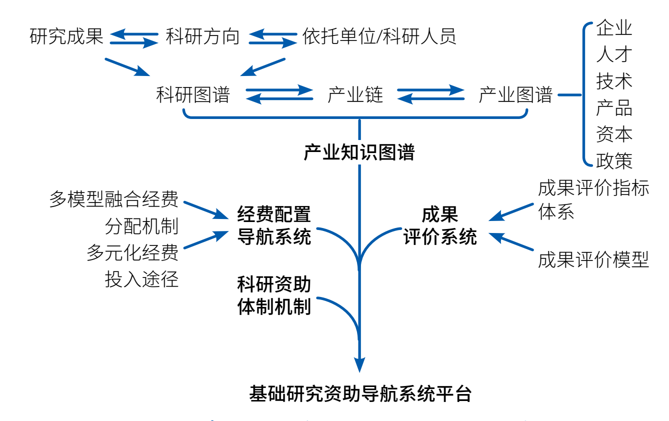


图1 基础研究资助导航系统平台设计图

Figure 1 Design diagram of basic research funding navigation system

② 邱伟龙. MODERNA发展历程研究报告. 北京：玄武岩演绎（北京）科技咨询有限公司, 2020.

创新与国家产业发展更加有效地结合。同时，资助导航平台作为科研院所与企业联系的桥梁，为有技术需求的企业快速、精准地匹配相关领域的科研团队；同时，也有助于科研院所进一步获得社会资金支持，促进基础研究成果向应用转化。

2.1 产业知识图谱

产业知识图谱是资助导航平台的底图，由科研图谱、产业图谱和产业链3部分组成。

（1）*科研图谱*。包括科研方向、研究成果、依托单位/科研人员3个要素，这3个要素可以分别构成单独的子网络。科研方向网络在产业发展需求的指导下，将各个科研领域详细划分，形成1个子网络。研究成果基于项目关键词进行映射，构成1个子网络，其节点为项目研究成果。依托单位/科研人员子网络，可对科研人员及其单位进行精准画像。精准画像是后续成果评价和经费配置导航的重要依据，也是精准匹配科研人员的基础。

（2）*产业图谱*。包括企业、人才、技术、产品、资本和政策六大要素。通过汇集对产业发展起决定性影响的产业要素，包括全球几亿家企业、数亿件专利及论文等科研成果、数亿种产品装备及零部件数据、上千万科研及产业人才，以及百亿级的边关系等数据，绘制产业图谱。产业图谱涵盖从需求端到各产业环节，包括基础软件、基础工艺、基础材料、基础装备、基础零部件等产业基础能力之间的关联。产业图谱中所蕴含的技术生命周期、产业发展周期和市场演化趋势等，对于科学研究具有方向性的指导意义。

（3）*产业链*。由行业标签、技术标签和科研方向标签以人机结合的方式拆解而成的产业标签体系，是联接科研图谱和产业图谱的纽带。通过将产业图谱中的各要素打上产业标签和技术标签，并进一步精细化拆解到科研方向标签，建立与科研图谱的关联关系，实现基础研究到产业的有效对接。细化每个节点所对应的科学工作，并对应相应的基础研究。这样可以通过对产业链进行系统分析，全面了解产业链中各环节的研究现状，发现我国现有的技术优势与薄弱环节，凝练出科学和技术问题并进行重点研究，解决产业链中的“卡脖子”技术问题。通过挖掘并建立各产业要素之间的关联，不仅可以识别企业和科研院所之间的关系，促进科技成果转化，还可以拉近资本和科研机构之间的关系，促进科技成果商业化。

除此之外，产业知识图谱还应面向世界科技前沿新热点、聚焦事关国家安全与发展的重大创新领域，对新兴高科技产业进行系统性梳理，进而把握发展新动向，提前布局，争取在创新产业领域进入“领跑”位置。

2.2 成果评价系统

构建基础研究资助导航系统平台，需要构建以国家产业发展战略需求为导向的成果评价系统。科学和有效的评价体系对科研工作的方向有非常重要的指导作用。

（1）*构建合理的成果评价指标体系*。在构建成果评价体系的过程中，研究成果的原创性、对解决产业链中“卡脖子”技术问题的作用、向实际应用转化的潜力、国际前沿指数和人才培养情况是必不可少的指标。因此，在国家产业发展需求导向下，对这些指标进行系统的量化研究，才能最终形成支撑国家产业发展战略的基础研究成果评价体系。

（2）*构建成果评价模型*。构建成果评价模型可以减少评审过程中主观因素的影响，实现对成果的系统性量化评估。成果评价模型主要由2种模型混合决策：① *基于知识图谱的成果评价模型*。依据产业知识图谱，借助专家智慧进行人工分析判断，指导成果评价。② *基于机器学习的成果评价模型*。借助产业知识图谱数据、平台自身收集的闭环数据，以及云端抓取的同行评议、成果影响等多个维度的价值反馈数据，训练能起到监督作用的成果评价模型。

2.3 经费配置导航系统

2.3.1 构建多模型融合经费分配机制

科研经费配置既要符合基础研究自身的规律，也要参考技术、产业、市场的发展趋势与需求。以产业知识图谱为基础，以技术生命周期分析、产业发展周期分析和市场成熟度评价与分析为先导，构建科研方向发展与演进预测模型、基金项目投入产出比预测模型和未来产业导航分析模型，形成多模型融合的经费配置机制。针对“卡脖子”技术问题和薄弱环节，进行有目的、有针对性的资助。根据科研人员人才库匹配最适合的科研团队，并根据基础研究的实际需要、历史经费使用情况和产出情况，以及业内专家意见进行经费的配给，避免“一刀切”式的经费分配，从而在经费能够支撑基础研究的同时，避免经费的浪费，最大程度地做到经费合理配置。

2.3.2 构建多元化经费投入途径

与发达国家相比，我国基础研究经费投入总量及其在R&D经费中的占比仍然较低。想要扭转基础研究经费不足的现状，在加大国家财政支持的同时，需要增加基础研究经费来源。探索构建多途径科研经费支持体系，加大国家财政对基础研究的投入，鼓励社会资本对基础科研的支持，对基础研究的发展具有非常重要的作用。

（1）鼓励企业和社会力量加大基础投入。企业作为产业发展的主体和直接执行人，对产业链中的“卡脖子”领域有着最直接和最深刻的感受。应鼓励企业与科研机构联合，加大基础研究投入，从需求端凝练科学问题，从而对产业链薄弱环节进行“精确打击”，保障产业链安全可控、提升产业链竞争力。要充分调动社会资本支持基础研究的积极性。鼓励投资机构对有潜力的基础研究项目与团队进行投资，探索以众包众筹或者建立研究基金的方式吸引更多社会力量对创新基础研究进行资助[5]。

（2）建立健全科技创新成果转化机制。只有打通基础研究向成果快速转化的通道，才能更好地激励企业对基础研究的投入。同时，我们也不能忽视中小型企业的需求。有很多企业没有足够的资金及科研平台投入基础研究，但他们在实际生产中确实存在亟待通过技术创新解决的难题。面对这种情况，可以利用资助导航平台匹配合适的科研人员，通过多家具有相同或者相似需求的企业联合出资，开展以技术创新为导向的基础研究。

2.4 科研资助机制

构建资助导航平台，需要建立高效、科学的科研资助机制。要围绕面向国家重大战略需求，建立健全现代产业链治理体系这一目标，统筹基础研究需要，协调资助政策，让基础研究能够顺利、高效地进行。并且，能够调动科研人员的积极性，为基础研究提供良好的环境。同时，还需出台相应政策，为科技创新向产业转化提供政策支持。

3 结语

建立资助导航平台，有助于以需求为导向，推动基础研究与技术创新，解决产业中“卡脖子”技术问题。合理的顶层设计和系统布局是平台建设和有效运行的根本。将资助导航平台中的经费匹配和成果评价等要素以制度的形式加以规范，并提供导向。同时，可打破基础研究向产业转化过程中的“限速步骤”，使得整个过程“有法可依”，避免因为政策不统一或者不到位引起的各种问题。

参考文献

1 本刊评论员. 深刻认识和科学把握新发展阶段. 求是, 2020, (22): 54-56.

2 侯建国. 把科技自立自强作为国家发展的战略支撑. 求是, 2021, (6): 27-32.

3 刘垠. 围绕产业链部署创新链 围绕创新链布局产业链. 科技日报, 2020-04-27(01).

4 中国科技评估与成果管理研究会, 国家科技评估中心, 中国科学技术信息研究所. 中国科技成果转化年度报告2020（高等院校与科研院所篇）. 北京：科学技术文献出版社, 2021.
5 沈尤佳. 不断加大基础研究投入（有的放矢）. 人民日报, 2020-12-28(12).

Establish Basic Reseach Funding Navigation System, Promote Technical Innovation to Underpin Development of National Modern Industrial System

SHI Yi[1*] LI Jiangyuanhong[2] WANG Gengsheng[2] BAI Suran[1] BIAN Guibin[3] LI Boqiang[4]
(1 Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
2 Beijing Yichuangxinke Information Technology Co. Ltd., Beijing 100081, China;
3 Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;
4 Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract Under current complex and changeable international situation, building high-quality industrial systems according to the needs of national security and strategic development is an important guarantee for national sustained and high-quality development in the new period. As the source of technical innovation, basic research underpins the development of industrial systems. In addition, to strengthen the weakness and insufficience in basic research, we propose that a basic research funding navigation system should be constructed, which would be helpful to identify the key weaknesses in basic research, rationally set up the research direction, and optimize the reasonable allocation of resources, thus promote the establishment of a comprehensive and high-quality modern industrial system.

Keywords basic research, technical innovation, industrial system, mapping knowledge domain, funding navigation system



施 一 中国科学院微生物研究所研究员，中国科学院病原微生物与免疫学重点实验室副主任。中国青年科技工作者协会生物与医药科学专业委员会秘书长，中国科学院青年创新促进会第五届理事会理事长。长期从事病原感染调控的分子机制、免疫细胞受体与配体相互作用与识别机制研究，以及药物研发。曾担任国家传染病科技重大专项项目首席，主持国家自然科学基金优秀青年基金、面上项目，以及中国科学院战略性先导科技专项项目、中国科学院青年创新促进会优秀会员项目等。对流感病毒、埃博拉病毒、寨卡病毒、沙粒病毒、冠状病毒等的感染过程进行了深入研究，取得一系列重要进展。发表SCI论文100余篇，其中以第一或通讯作者在*Cell*，*Nature*，*Science*等期刊发表高质量论文20余篇。
E-mail: shiyi@im.ac.cn

SHI Yi Principal Investigator and Professor at Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences (CAS). Deputy Director for CAS Key Laboratory of Pathogenic Microbiology and Immunology (CASPMI). He is also the Secretary General of the Biological and Medical Sciences Committee of the Chinese Association of Young Scientists and Technologists, Director General of Youth Innovation

*Corresponding author

Promotion Association of CAS. Dr. Shi mainly focuses on the molecular mechanism of pathogen infection and regulation by the host, and the interaction between receptors and ligands during immune response. He has been supported by the National Science and Technology Major Project (as Chief Scientist), the Excellent Young Scientists Fund of the National Natural Science Foundation of China, the Strategic Priority Research Program of CAS and Youth Innovation Promotion Association of CAS (excellent member). He has made remarkable contribution on the infection mechanism of several important human pathogens including Influenza virus, Ebola virus, ZIKV, arenavirus, and coronaviruses. More than 100 SCI papers have been published in international academic journals, including more than 20 papers as first or corresponding author (including co-first or corresponding) in *Cell*, *Nature*, *Science*, etc.
E-mail: shiyi@im.ac.cn

■责任编辑：张帆